

между собой системами продольных и поперечных связей. Обе опоры имеют равные жесткости, одинаковые принципиальные геометрические схемы и жестко соединяются с мостом.

Особенностью другого типа металлоконструкций является шарнирное соединение шарнирной опоры с мостом и отсутствие продольных связей по поясам шпренгеля. Металлоконструкция моста выполняется из двух главных ферм с коробчатой балкой жесткости, усиленной шпренгельной конструкцией снизу или сверху. Балка жесткости используется для укладки подтележечных рельсов.

Обе главные фермы соединяются распорками, установленными в плоскости вертикальных стоек. Продольные связи по поясам шпренгелей отсутствуют. Как жесткая, так и шарнирная опоры имеют однотипную коробчатую конструкцию. Жесткая опора соединена с мостом подкосом, шарнирная – шарниром. Перегрузатель передвигается от отдельных синхронно работающих двигателей.

**Заключение.** Описанные в статье классификационные признаки конструкций перегружателей не претендуют на полноту, универсальность и завершенность. В то же время продуктивен сам подход к применению подобного приема как составного элемента алгоритма создания расчетных моделей тяжелонагруженных машин. В дальнейшем планируется применить предложенные подходы в формировании расчетных моделей множества конструкций исследуемых машин, оборудования и сооружений.

**Список литературы:** 1. Гусев Ю.Б. Обґрунтування параметрів високонавантажених машин на основі моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням деградації властивостей основних елементів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.02 / Ю.Б. Гусев; Голов. спец. констр.технол. ін-т. – Мариуполь, 2009. — 20 с. 2. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / Гохберг М.М. – М.: Машиностроение, 1976. – 455 с. 3. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Лобов Н.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 232 с. 4. Расчетные модели тяжелонагруженных крупногабаритных машин / Ю.Б. Гусев, К.В. Чурбанов, М.М. Пеклич, О.В. Кохановская // Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Машиноведение и САПР». – 2013. – № 23 (996). – С.84-95.

*Поступила в редакцию 30.11.2012*

623.438:539.3

**Ю.Б. ГУСЕВ**, к.т.н., гл. констр. НТК ЧАО „АзовЕлектроСталь”, Мариуполь;  
**П.В. ЧУРБАНОВ**, нач. бюро КОГКО НТК ЧАО „АзовЕлектроСталь”,  
Мариуполь;

**М.М. ПЕКЛИЧ**, зам. гл. констр. НТК ЧАО „АзовЕлектроСталь”, Мариуполь;  
**О.В. КОХАНОВСКАЯ**, н. с. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”

## **РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МАШИН**

У статті описані підходи до формування розрахункових моделей важконавантажених великогабаритних машин. На прикладі перевантажувачів проілюстровані різноманітні поєднання навантажень, дії яких підлягають силові елементи цих машин у процесі експлуатації.

**Ключові слова:** важконавантажена машина, напружено-деформований стан, розрахункова модель, перевантажувач

© Ю.Б. Гусев, П.В. Чурбанов, М.М.  
Пеклич, О.В. Кохановская, 2013

В статье описаны подходы к формированию расчетных моделей тяжело нагруженных крупногабаритных машин. На примере перегружателей проиллюстрированы разнообразные сочетания нагрузок, действия которых подвергаются силовые элементы этих машин в процессе эксплуатации.

**Ключевые слова:** тяжело нагруженная машина, напряженно-деформированное состояние, расчетная модель, перегружатель

In the paper some approaches are described for forming of calculation models of high loaded big-volume machines. On the example of loaders various combinations of loading the actions of that undergo power elements of these machines in the process of exploitation are illustrated.

**Keywords:** high loaded machine, stressed-deformed state, calculation model, loader

**Введение.** Современные тяжело нагруженные крупногабаритные машины, оборудование и сооружения (подъемно-транспортное оборудование, перегружатели, отвалобразователи, оборудование металлургического производства, конвейеры, емкости для хранения зерна и нефтепродуктов и т. п.) предназначены для эксплуатации в сложных условиях. Кроме значительных эксплуатационных усилий, данные машины, оборудование и сооружения подвергаются также действию химически агрессивных сред, абразивного материала, ветрового, снегового и дождевого влияния, обледенения. Соответственно, необходимо учитывать влияние этих факторов на нагрузочную способность, работоспособность, надежность и долговечность проектируемых и исследуемых объектов. С этой целью на этапе определения напряженно-деформированного состояния (НДС) необходимо учесть все существенные факторы, а для этого данные факторы должны быть учтены при формировании расчетных схем.

Некоторые вопросы формирования расчетных схем крупногабаритных машин на примере перегружателей освещены в диссертационной работе [1]. Многие аспекты данной проблемы освещены в монографиях [2, 3], а также в статьях [4-9]. Однако полного решения задача создания достаточно корректного подхода к формированию расчетных моделей крупногабаритных конструкций еще не получила. В силу этого актуальной задачей является разработка новых системных подходов к формированию таких моделей. В данной статье решение данной задачи без

снижения общности продемонстрировано на примере перегружателей.

**Основные случаи нагружения.** Перегружатели, как правило, входят в состав оборудования, обеспечивающего непрерывный технологический

Таблица 1 – Режимы работ механизмов перегружателя

Механизм	Режим работы		
	Л	Т	ВТ
Подъема и замыкания грейфера	-	-	+
Передвижения грейферной тележки	-	-	+
Поворота стрелового крана	-	+	-
Изменения вылета стрелы крана	-	+	-
Передвижения стрелового крана	+	-	+
Передвижения перегружателя	+	-	-
Противоугольных устройств	+	-	-

\* Режим «Л» для поворотных стреловых кранов перегружателей со встроенными конвейерами

процесс погрузочно-разгрузочных операций, поэтому к ним предъявляются высокие требования с точки зрения прочности и надежности. При проектировании перегружателей следует руководствоваться Правилами Госнадзорхрантруда Украины.

Механизмы перегружателей рассчитывают с учетом режима работы механизмов (табл. 1). Расчет металлоконструкций производят с учетом режима работы перегружателей в целом («Л» – легкий; «Т» – тяжелый; «ВТ» – весьма тяжелый).

В соответствии с методикой, разработанной во ВНИИПТМАШе, внешние нагрузки, действующие на кран (в нашем случае на перегружатель), определяют для двух состояний: рабочего и нерабочего. При этом под нерабочим понимается такое состояние, когда перегружатель не работает из-за ветра большой силы, сейсмических нагрузок, но находится в исправном (рабочем) состоянии. Нагрузки нерабочего состояния могут также действовать на перегружатель, когда он находится в ремонте.

Расчет производят, когда на перегружатель в рабочем состоянии действуют нормальные нагрузки (вариант А) и максимальные нагрузки (вариант Б). При нерабочем состоянии рассчитывают перегружатель, когда на него действуют максимальные нагрузки нерабочего состояния (вариант В). Параметры, учитываемые при расчетах перегружателей, приведены в табл. 2.

**Нагрузки.** Нагрузки, действующие на металлоконструкции перегружателей, разделяются на постоянные, временные и особые. К постоянным относятся нагрузки, сохраняющие свое значение в течение всего эксплуатационного периода (вес металлоконструкции, предварительное напряжение элементов конструкции). К временным относятся нагрузки, изменяющие свое значение в различные периоды эксплуатации (вес материала в погрузочных устройствах; нагрузки при передвижении грейферной тележки; нагрузки на обслуживающие площадки от веса персонала рабочих, ремонтных

Таблица 2 – Параметры для расчета перегружателей

Нагрузки	Расчет на выносливость и прочность при основных нагрузках	Расчет на прочность при нагрузках			
		основных и дополнительных	основных, дополнительных и случайных	основных	основных и случайных
	А	Б	Б	В	В
Вес конструкции	+	+	+	+	+
Номинальный груз	+	+	+	-	-
Сила инерции при нормальной работе	+	-	-	-	-
Ветровая нагрузка по ГОСТ 1451-65	-	+	+	+	-
Эквивалентная ветровая нагрузка	+	-	-		
Нагрузка, возникающая от уклона пути	+	+	+	+	
Ударная нагрузка	-	-	+	-	-
Ураганный ветер	-	-	-		+
Сейсмическая нагрузка	-	-	-	-	+

\* При расчете на выносливость назначать равной  $3 \text{ кгс/м}^2$

материалов, деталей; нагрузки при передвижении перегружателя; инерционные и перекосные нагрузки; ветровые нагрузки; вес обледенения конструкций; температурные воздействия; нагрузки, возникающие при перевозке, монтаже или реконструкции). К особым относятся нагрузки, возникающие редко, чаще в аварийных ситуациях (сейсмические воздействия; нагрузки при ударе грейферной тележки или крана о буйер; перекосные нагрузки при аварийном перекосе перегружателя).

**Весовые нагрузки металлоконструкций.** Масса перегружателя, в том числе и металлоконструкций, в значительной степени зависит от его конструктивной схемы. С применением жесткой системы вместо шарнирной масса перегружателя уменьшается на 14 %, при этом масса металлоконструкций снижается на 26 %.

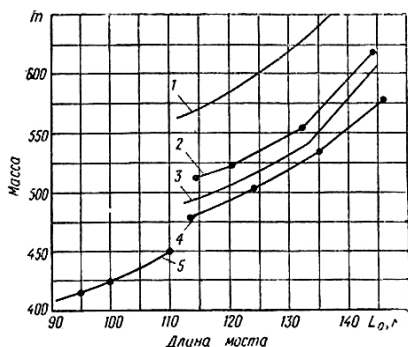


Рисунок 1 — Зависимость массы металлоконструкций перегружателей от типов перегружателей и длины их мостов:

- 1 -  $L = 76,2$  м, грузоподъемность 30 т, шарнирной системы, решетчатой конструкции,  $G_T = 150$  т, сталь класса С 38/24; 2 -  $L = 76,2$  м, грузоподъемность 32 т, жесткой системы, трубчатобалочной конструкции,  $G_T = 134$  т, сталь класса С 46/33; 3 -  $L = 76,2$  м, грузоподъемность 32 т, жесткой системы, трубчатобалочной конструкции,  $G_T = 125$  т, сталь класса С 46/33; 4 -  $L = 76,2$  м, грузоподъемность 30 т, жесткой системы, решетчатой конструкции,  $G_T = 146$  т, сталь класса С 46/33; 5 -  $L = 60$  м, грузоподъемность 15 т, шарнирной системы, решетчатой конструкции,  $G_T = 77$  т, сталь класса С 38/24

Зависимость массы металлоконструкций перегружателей от типов перегружателей и длины их мостов показана на рис. 1.

Для предварительных эскизных подсчетов массу металлоконструкций с достаточной степенью точности можно определять, используя существующие аналогии и графики, изображенные на рис. 1. При этом масса в % по отдельным узлам распределяется так: мост — 80 (70); жесткая опора — 10 (15); гибкая опора — 7 (12); лестницы и площадки — 3. Первые цифры относятся к перегружателям жесткой системы с решетчатой конструкцией, цифры в скобках — к перегружателям трубчатобалочной конструкции.

Более точным является способ подсчета массы с помощью коэффициента  $\mu = G/G_m$ , где  $G$  — действительная

масса конструкции;  $G_m = \sum_{i=1}^n Fl\gamma$  — теоретическая масса конструкции;  $n$  — число элементов конструкции;  $F$  — площадь сечения элемента;  $l$  — длина элемента;  $\gamma$  — объемная масса материала.

В этом случае на основании вычисленных усилий подбирают сечения элементов конструкции и рассчитывают их площади.

Фактическая масса конструкции, как правило, несколько (до 5%) превышает

шает проектную в результате замены сортамента, дополнительных технологических деталей и плюсовых допусков на размеры прокатной стали. Это превышение массы при расчете по предельным состояниям учитывается коэффициентом перегрузки  $n$ .

*Воздействия грейферной тележки.* Давление от массы металлоконструкций грейферной тележки, оборудования и груза передается на подтележечный рельс через ходовые колеса (рис. 2, а).

Динамическое воздействие грейферной тележки (с грузом или без него) на металлоконструкции учитывается динамическим коэффициентом  $\phi$ . Так, для металлоконструкций моста и опор  $\phi = 1,2$ , для металлоконструкций ездовых балок и элементов их креплений к мосту крана  $\phi = 1,5$ . Приведенные значения динамических коэффициентов распространяются на полную массу грейферной тележки с грузом.

Горизонтальные продольные нагрузки  $T$ , возникающие при передвижении грейферной тележки в период пуска и торможения, принимаются равными 0,1 суммы давления  $P$  всех ее ходовых колес и приложены на уровне головки подтележечных рельсов (см. рис. 2, б). Горизонтальные поперечные нагрузки  $H$ , возникающие вследствие конусности поверхностей ходовых колес грейферной тележки, исчисляются как 0,1 величины давления  $P$  на колесо и приложены на уровне головки подтележечных рельсов (рис. 2, в). В результате ударов ходовых колес о выступающие части подтележечных рельсов на стыках, неплотного закрепления рельсов, а также боковой инерции тележки при

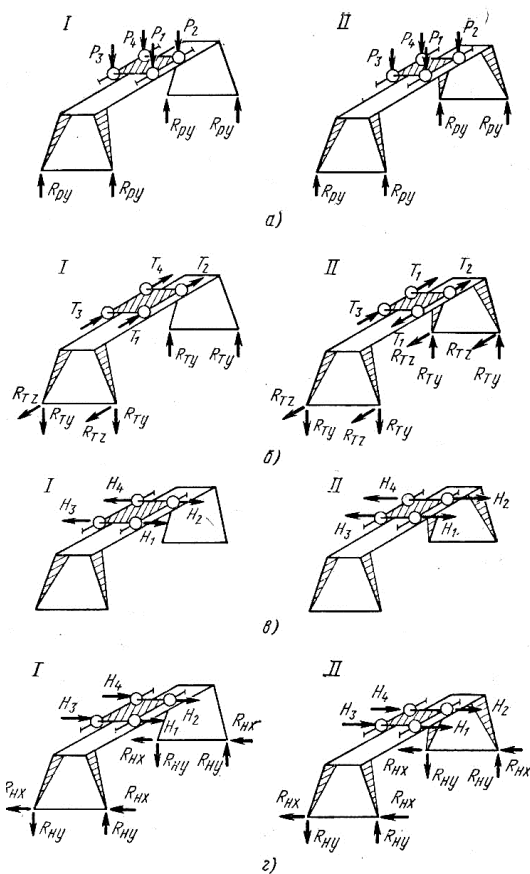


Рисунок 2 – Схемы моста перегружателя при действии:

- а - массы грейферной тележки и груза;
- б - продольных нагрузок; в - поперечных нагрузок (при распоре); з - поперечных нагрузок (боковых ударов); I – жесткая и гибкая опоры; II – опоры равной жесткости

больших скоростях передвижения возникают боковые силы (боковые удары). Величины этих сил принимаются равными 0,1 вертикального давления на ходовое колесо. Эти силы приложены поперек рельса на уровне его головки (рис. 2, г).

*Нагрузки, возникающие при передвижении перегружателя.* При передвижении перегружателя в периоды пуска и торможения, а также вследствие толчков и ударов возникают инерционные силы  $H_i = (G_m + G_0 + G_m)v_n / gt_m$ .

Инерционные силы от веса металлоконструкций и оборудования приложены в центрах тяжести соответствующих узлов, а от веса грейферной тележки – на уровне головки рельсов подтележечных путей.

Подкрановые пути обычно имеют неровности, перепады в стыках, уклоны и другие дефекты, вызывающие вертикальные динамические воздействия от весовых нагрузок. Подобные дополнительные нагрузки от веса металлоконструкций, оборудования и грейферной

тележки учитываются коэффициентом толчков  $k_t$  (табл. 3).

Во время движения перегружателя одна из опор стремится опередить другую, вызывая тем самым перекося конструкции. Для ориентировочных расчетов перекосящая нагрузка  $H_s$ , действующая на металлоконструкцию, может быть принята равной 5-20 кг на тонну веса перегружателя в зависимости от конструктивной схемы, пролета, высоты, жесткости опор, качества укладки подкрановых путей и состояния узлов механизмов передвижения (балансиров, ходовых колес и т. п.). Схемы нагрузок, действующих на металлоконструкцию, показаны на рис. 3.

Таблица 3 – Коэффициент толчков  $k_t$

Стыки рельсов	Скорость передвижения, м/мин			
	Менее 60	60-90	91-150	Более 150
Болтовые	1,0	1,1	1,2	1,3
Сварные	1,0	1,05	1,1	1,15

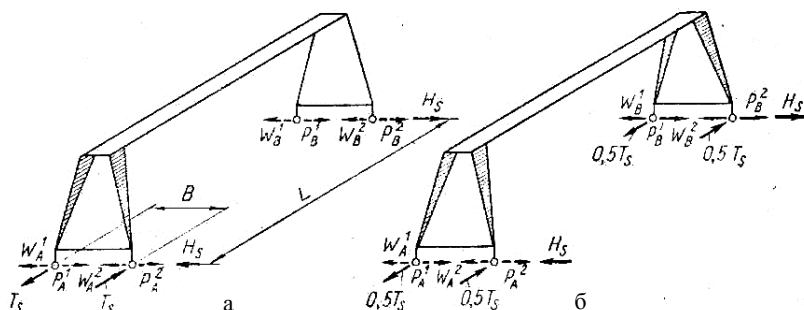


Рисунок 3 – Схемы нагрузок, действующих при перекосах:

а - перегружатель с жесткой и гибкой опорами;

б - перегружатель с опорами равной жесткости;

$W_A, W_B$  – суммарные силы сопротивления передвижению опор перегружателя;

$P_A, P_B$  – тяговые силы двигателей;  $H_s$  – нагрузка, возникающая при перекосах;

Воздействие перекосных нагрузок принято учитывать смещением одной опоры относительно другой. Перекосная деформация в рабочем состоянии принимается равной 0,3-0,8% величины пролета. Металлоконструкции рассчитывают при максимальной перекосной деформации (при пролете 76,2 м она составляет 600 мм).

*Ветровые нагрузки.* При расчете металлоконструкций перегружателей нормативная ветровая нагрузка принимается равномерно распределенной, интенсивность которой определяется в соответствии с известными методиками. Наветренную площадь элементов перегружателя можно определить как произведение теоретической площади и коэффициента заполнения. При этом теоретическую площадь вычисляют по осевым геометрическим размерам, а коэффициент заполнения принимают равным 0,4-0,6 для решетчатых конструкций и 1 – для сплошностенчатых.

*Температурные нагрузки.* Воздействие колебаний температуры принимается одинаковым для всех частей металлоконструкций независимо от их географической ориентации при температурном перепаде 70°C и коэффициенте линейного расширения  $\alpha_I = 0,00012$ . Температурные нагрузки учитываются только для систем, статически неопределимых (рамных схем).

*Особые нагрузки.* К категории особых нагрузок относятся воздействия, связанные чаще всего с временной неисправностью или отказом систем ограничения.

При неисправности конечных выключателей передвижения грейферной тележки последняя может удариться о буфера, расположенные в торцах моста. Горизонтальная продольная сила, возникающая во время такого удара о прижимной буфер при условии поглощения всей кинетической энергии удара буфером, –  $T_0 = (G_m + Q)v_{m,y}^2 / ga$ , где  $v_{m,y}$  – скорость передвижения грейферной тележки в момент удара, равная 50% рабочей скорости;  $a$  – ход поршня. При гидравлическом буфере сила удара вдвое меньше.

При неисправности ограничителей перекоса возможен выход мостового перегружателя на буферные упоры в конце склада или наезд на соседний перегружатель. В этом случае горизонтальная поперечная нагрузка, возникающая при внезапной остановке перегружателя, определяется как  $H_0 = (G_m + G_0 + G_m)v_{n,y}^2 / ga$ , где  $v_{n,y}$  – скорость передвижения перегружателя в момент удара, равная 50% рабочей скорости передвижения. При этом перекос перегружателя принимается равным 1,2% величины пролета и при пролете 76,2 м составляет 1000 мм.

При расчете металлоконструкций перегружателей рассматривают следующие эксплуатационные состояния перегружателя:

1) *рабочее состояние «подъем и перемещение груза».* При этом грейферная тележка поднимает груз и перемещается с грузом вдоль крана; перегружатель находится в неподвижном состоянии, грейферная тележка располагается в пределах пролета либо в крайних положениях на консолях;

Таблица 4 – Коэффициент перегрузки

Нагрузка		$n$
Вес	металлоконструкций	1,1 (0,9)
	материала в воронках и бункерах	1,5
	механического и электрического оборудования	1,2
	тележки с грузом	1,3
Горизонтальная сила	от веса груза при отклонении грузовых канатов	1,2
	продольная и поперечная при передвижении грузовой тележки	1,2
	инерционная при передвижении крана	1,2
	при перекосе крана	1,2
Ветро-вая	рабочего состояния	1,0
	нерабочего состояния	1,1
Температурная		1,1
Временная на обслуживающие площадки		1,4

2) *рабочее состояние «передвижение крана».*

При этом перегружатель передвигается, грейферная тележка без груза располагается в пределах пролета или на опорах;

3) *нерабочее состояние.*

Перегружатель застопорен, грейферная тележка без груза располагается над одной из опор.

Действие указанных нагрузок учитывается в соответствии с табл. 4-7. При расчете металлоконструкций с учетом дополнительных и особых сочетаний нагрузок расчетные нагрузки (или соответствующие им усилия в конструкции, см. табл. 5-7)

следует умножать на коэффициент сочетаний  $k_c$ , значение которого также приведено в табл. 4. Расчетные нагрузки определяются как произведение нормативной нагрузки (или соответствующего ей усилия) и коэффициента перегрузки  $n$ .

Таблица 5 – Расчетное сочетание нагрузок (подъем и перемещение груза)

Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На-грузка	$k_c$	На-грузка	$k_c$	На-грузка	$k_c$
Вес	металлоконструкций $G_m$	$G_m$	1	$G_m$	1	$G_m$	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров <sup>1</sup> $G_n$	$G_n$	1	$G_n$	1	$G_n$	1
	механического и электрооборудования $G_o$	$G_o$	1	$G_o$	1	$G_o$	1
	грейферной тележки $G_r$	$\psi G_r$	1	$\psi G_r$	1	$\psi G_r$	1
	груза $Q$	$\psi Q$	1	$\psi Q$	1	$\psi Q$	1
Горизонтальная сила при передвижении	грейферной тележки с грузом, продольная <sup>2</sup> $T$	$T$	1	$T$	0,9	–	–
	грейферной тележки с грузом, поперечная <sup>2</sup> $H$	$H$	1	$H$	0,9	–	–
	перегрузателя, инерционная $H_i$	–	–	–	–	–	–
При перекосе $S_n$		–	–	–	–	–	–



Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На- груза	$k_c$	На- груза	$k_c$	На- груза	$k_c$
<b>Ветро- вая</b>	рабочего состояния $W_p$	–	–	$W_p$	0,9	$W_p$	0,9
	нерабочего состояния $W_n$	–	–	–	–	–	–
<b>Обледенение</b>		–	–	+	0,9	–	0,8
<b>Температурная <math>t^0</math></b>		–	–	$t^0$	0,9	$t^0$	0,8
<b>Горизон- тальная сила</b>	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер $T_0$	–	–	–	–	$T_0$	0,8
	поперечная, при внезапной остановке крана $H_0$	–	–	–	–	–	–
<b>При аварийном перекосе <math>S_0</math></b>		–	–	–	–	–	–
<b>Временная на обслуживающие площадки<sup>3</sup></b>		+	1	–	–	–	–

<sup>1</sup> Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. <sup>2</sup> Совместно не учитываются. <sup>3</sup> Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

Таблица 6 – Расчетное сочетание нагрузок (передвижение крана)

Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На- груза	$k_c$	На- груза	$k_c$	На- груза	$k_c$
<b>Вес</b>	металлоконструкций $G_m$	$k_T G_m$	1	$k_T G_m$	1	$k_T G_m$	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров <sup>1</sup> $G_n$	$k_T G_n$	1	$k_T G_n$	1	$k_T G_n$	1
	механического и электрооборудования $G_0$	$k_T G_0$	1	$k_T G_0$	1	$k_T G_0$	1
	грейферной тележки $G_T$	$k_T G_T$	1	$k_T G_T$	1	$k_T G_T$	1
	груза $Q$	–	–	–	–	–	–
<b>Горизон- тальная си- ла при пере- движении</b>	грейферной тележки с грузом, продольная <sup>2</sup> $T$	–	–	–	–	–	–
	грейферной тележки с грузом, поперечная <sup>2</sup> $H$	–	–	–	–	–	–
	перегрузателя, инерционная $H_i$	$H_i$	1	$H_i$	0,9	–	–
<b>При перекосе <math>S_n</math></b>		–	–	–	$S_n$	0,9	–
<b>Ветро- вая</b>	рабочего состояния $W_p$	–	–	$W_p$	0,9	$W_p$	0,8
	нерабочего состояния $W_n$	–	–	–	–	–	–
<b>Обледенение</b>		–	–	–	+	0,9	+
<b>Температурная <math>t^0</math></b>		–	–	–	$t^0$	0,9	$t^0$
<b>Горизон- тальная сила</b>	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер $T_0$	–	–	–	–	–	–
	поперечная, при внезапной остановке крана $H_0$	–	–	–	–	$H_0$	0,8
<b>При аварийном перекосе <math>S_0</math></b>		–	–	–	–	–	$S_0$
<b>Временная на обслуживающие площадки<sup>3</sup></b>		+	–	–	–	–	–

<sup>1</sup> Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. <sup>2</sup> Совместно не учитываются. <sup>3</sup> Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

Таблица 7 – Расчетное сочетание нагрузок

Нагрузка		Нерабочее состояние	
		Дополнительное	
		Нагрузка	$k_c$
Вес	металлоконструкций $G_m$	$G_m$	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров <sup>1</sup> $G_n$	$G_n$	1
	механического и электрооборудования $G_o$	$G_o$	1
	грейферной тележки $G_t$	$G_t$	1
	груза $Q$	—	—
Горизонтальная сила при передвижении	грейферной тележки с грузом, продольная <sup>2</sup> $T$	—	—
	грейферной тележки с грузом, поперечная <sup>2</sup> $H$	—	—
	перегрузателя, инерционная $H_i$	—	—
При перекосе $S_n$		$S_n$	0,9
Ветровая	рабочего состояния $W_p$	—	—
	нерабочего состояния $W_n$	$W_n$	0,9
Обледенение		+	0,9
Температурная $t^0$		$t^0$	0,9
Горизонтальная сила	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер $T_o$	—	—
	поперечная, при внезапной остановке крана $H_o$	—	—
При аварийном перекосе $S_o$		—	—
Временная на обслуживающие площадки <sup>3</sup>		—	—

<sup>1</sup> Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. <sup>2</sup> Совместно не учитываются. <sup>3</sup> Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

**Производительность.** Производительность перегружателя зависит не только от его основных параметров (грузоподъемности, скорости), но и от конструктивных особенностей, технологической схемы работы и других факторов. Основными видами операций для большинства перегружателей являются погрузка и выгрузка материала, причем производительность при погрузке и выгрузке может быть неодинаковой. Это определяется назначением перегружателя (местом установки), технологической схемой складского хозяйства и другими причинами.

Часовая производительность перегружателя в т/ч  $A = G_m n_q K_3$ , где  $G_m$  – расчетный вес материала в грейфере, равный  $(0,4 \dots 0,6)Q$ ;  $n_q$  – число циклов в час при непрерывной работе (при отсутствии простоев транспортных средств, неисправности перегружателя и т. п.);  $K_3$  – коэффициент заполнения грейфера материалом, равный  $0,8 \dots 1,0$ . Число циклов в час  $n_q = 3600/T$  при продолжительности цикла  $T$ . Продолжительность цикла в с  $T = K_c \sum_{i=1}^n t_i$ , где  $t_i = S_i / v_i + 0,5(t_{ip} + t_{im})$  – время, затрачиваемое на  $i$ -е движение механизмов перегружателя;  $S_i$  и  $v_i$  –  $i$ -е путь и скорость установившегося

движения;  $t_{ip}$ ,  $t_{it}$  –  $i$ -е время неустановившегося движения (пуск и торможение). Для предварительных расчетов можно принять  $0,5(t_{ip} + t_{it}) = 3 + 5$  с;  $K_c$  – коэффициент, учитывающий возможность совмещения отдельных движений в течение цикла. Возможность такого совмещения определяется в каждом конкретном случае по графикам циклов. Для предварительных расчетов можно назначать  $K_c = 0,8 \div 1,0$ .

Для примера приводится расчет производительности перегружателя с грейферной тележкой (рис. 4) при погрузке на склад.

При погрузке угля на склад механизмами перегружателя производится:

1) опускание грейфера на материал в траншею; время опускания в с  $t_1 = h/v_c + 3$ , где  $h$  – высота от центра тяжести сечения штабеля материала в траншее до крайнего верхнего положения грейфера в м;  $v_c$  – скорость опускания грейфера в м/с;

2) зачерпывание материала грейфером; время зачерпывания  $t_2$  в предварительных расчетах принимается равным 6-12 с;

3) подъем грейфера; время подъема в с  $t_3 = h/v_{no} + 3$ , где  $v_{no}$  – скорость подъема грейфера в м/с;

4) передвижение грейферной тележки; время передвижения в с  $t_4 = l/v_m + 5$ , где  $l$  – расстояние от центра тяжести сечения материала в траншее до центра тяжести сечения материала в пролете в м;  $v_m$  – скорость передвижения тележки в м/с;

5) опускание грейфера; время опускания в с  $t_5 = h_1/v_c + 3$ , где  $h_1$  – высота опускания, равная расстоянию от центра тяжести сечения штабеля материала до крайнего верхнего положения грейфера;

6) раскрытие грейфера; время раскрытия  $t_6$  в предварительных расчетах принимается равным 6-12 с;

7) подъем грейфера; время подъема в с  $t_7 = h/v_{no} + 3$ ;

8) передвижение тележки; время передвижения в с  $t_8 = l/v_m + 5$ .

Развернутый график цикла погрузки на склад (без учета совмещений отдельных движений) показан на рис. 5.

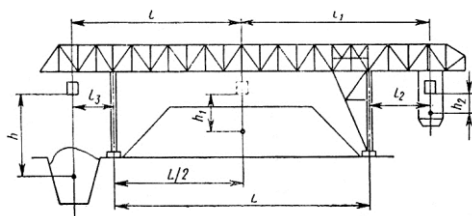


Рисунок 4 – Схема для расчета производительности перегружателя

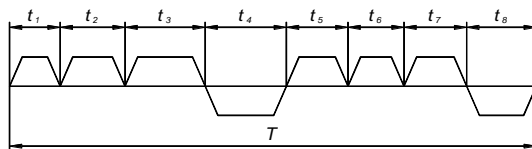


Рисунок 5 – Циклограмма работы перегружателя:

$t_1$  – опускание грейфера;  $t_2$  – зачерпывание;  
 $t_3$  – подъем грейфера;  $t_4$  – передвижение тележки;  
 $t_5$  – опускание грейфера;  $t_6$  – раскрытие грейфера;  
 $t_7$  – подъем грейфера;  $t_8$  – передвижение тележки

Далее вычисляется общее время цикла, число циклов в час и производительность перегружателя.

При определении производительности для большинства перегружателей время, необходимое на передвижение моста, не учитывается, так как это передвижение является установочным и практически не влияет на производительность. Если при различных вариантах работы производительность перегружателя изменяется, то за основную производительность принимается производительность при главном варианте работы. В некоторых случаях указывается производительность при каждом варианте работы.

**Заключение.** Как видно из описанных этапов формирования расчетных схем перегружателей, основными их особенностями, причем применительно к широкому классу конструкций подобного типа, являются учет: особенностей тех или иных вариантов конструктивных схем; постоянных эксплуатационных нагрузок; экстремальных нагрузок; совместного влияния нагрузок различного происхождения.

Предлагаемый системный подход к формированию расчетных схем тяжело-нагруженных крупногабаритных машин может быть применен для большого множества конструкций. Реализация данного подхода для расчета различных машиностроительных конструкций является направлением дальнейших исследований.

**Список литературы:** 1. Гусев Ю.Б. Обґрунтування параметрів високонавантажених машин на основі моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням тетрадації властивостей основних елементів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.02 / Ю.Б. Гусев; Голов. спец. конструкт.-технол. ін-т. – Маріуполь, 2009. – 20 с. 2. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / Гохберг М.М. – М.: Машиностроение, 1976. – 455 с. 3. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Лобов Н.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 232 с. 4. К вопросу об определении причин сверхнормативного износа реборд колес грейферной тележки мостового крана-перегружателя / Ю.Б. Гусев, В.А. Слободяник, А.Ю. Танченко, Н.А. Ткачук // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків : НТУ "ХПІ", 2007. – №3. – С. 55-66. 5. Танченко А.Ю. К вопросу определения жесткостных характеристик металлоконструкции углеперегружателя / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ", 2007. – №29. – С. 42-47. 6. Танченко А.Ю. К вопросу об оптимальном синтезе элементов мостовых перегружателей / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ", 2008. – №9. – С. 43-66. 7. Танченко А.Ю. Обеспечение технического уровня сложных пространственных конструкций на основе моделирования физико-механических процессов на примере обоснования параметров мостового перегружателя / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ", 2008. – №14. – С. 34-46. 8. Танченко А.Ю. Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов высоконагруженных машин при действии комплекса динамических нагрузок / А.Ю. Танченко, Н.А. Ткачук // Механіка та машинобудування. – Харків : НТУ "ХПІ", 2009. – №1. – С. 134-146. 9. Танченко А.Ю. Обґрунтування параметрів високонавантажених машин на основі моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням тетрадації властивостей основних елементів / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ", 2010. – №19. – С. 62-79.

*Поступила в редколлегию 30.11.2012*